

Status Keragaman Ikan Belida dan Indeks Fluktuasi Asimetrik (Wibowo, A., et al.)

STATUS KERAGAMAN IKAN BELIDA (*Chitala* spp.) DI SUNGAI TULANG BAWANG, PROPINSI LAMPUNG BERDASARKAN PADA KARAKTER MORFOMETRIK DAN INDEKS FLUKTUASI ASIMETRIK

Arif Wibowo¹⁾, Mas Tri Djoko Sunarno²⁾, dan Subagdja¹⁾

¹⁾Peneliti pada Balai Riset Perikanan Perairan Umum, Mariana-Palembang

²⁾Peneliti pada Pusat Riset Perikanan Tangkap, Ancol-Jakarta

Teregistrasi I tanggal: 9 Agustus 2007; Diterima setelah perbaikan tanggal: 12 Januari 2008;

Disetujui terbit tanggal: 9 April 2008

ABSTRAK

Penelitian tentang status keragaman ikan Belida (*Chitala* spp.) dari Sungai Tulang Bawang berdasarkan pada karakter morfometrik dan indeks fluktuasi asimetrik dilakukan selama tahun 2005 di daerah aliran Sungai Tulang Bawang Propinsi Lampung. Estimasi keragaman berdasarkan pada karakter morfometrik dengan menggunakan nilai *coefficient variation* diperoleh dengan cara membagi standar deviasi karakter dengan rata-rata, pada 25 karakter morfometrik dari 26 spesimen ikan belida (*Chitala* spp.). Indeks fluktuasi asimetrik ikan belida (*Chitala* spp.) dari Sungai Tulang Bawang diestimasi menggunakan formula Palmer dan Strobeck, untuk kemudian melihat CV_{DI} sebagai estimasi keragaman dengan terlebih dahulu melakukan analisis uji t_{test} untuk mengetahui signifikansi karakter sebelah kiri dan kanan. Klasifikasi nilai *coefficient variation* untuk karakter morfometrik $CVd^{25\%} =$ sangat seragam, $25\% < CVd^{50\%} =$ cukup seragam, $25\% < CVd^{50\%} =$ cukup bervariasi, dan $CVe^{75\%} =$ sangat bervariasi. Sedangkan nilai fluktuasi asimetrik digunakan indeks 3 tingkatan variasi yang rendah ($CV_{DI}=0,1$), variasi sedang ($CV_{DI}=0,5$), dan sangat bervariasi ($CV_{DI}=1$). Berdasarkan pada nilai *coefficient variation* sebagian besar karakter morfometrik tergolong cukup seragam 72% ($25\% < CVd^{50\%}$) dan cukup bervariasi 28% ($50\% < CVd^{75\%}$), dengan rata-rata 47,60% tergolong cukup seragam. Berdasarkan pada indeks CV_{DI} terlihat 60% karakter asimetrik tergolong variasi sedang dan sangat bervariasi ($CV_{DI}=0,5$) dan $CV_{DI}=1$), 40% termasuk variasi yang rendah. Hasil analisis karakter morfometrik dan indeks fluktuasi asimetrik mengkonfirmasi bahwa populasi ikan belida (*Chitala* spp.) di Sungai Tulang Bawang telah berada pada kondisi mendekati seragam atau memiliki variasi genetik yang rendah.

KATA KUNCI: status keragaman, belida, Tulang Bawang, karakter morfometrik, fluktuasi asimetrik

ABSTRACT: *Diversity status of knife fish (Chitala spp.) in Tulang Bawang River (Lampung Province) based on morphometric characters and indeks of fluctuating asimetric.*
By: Arif Wibowo, Mas Tri Djoko Sunarno, and Subagdja

Research on the status of knife fish (*Chitala lopis*) diversity in Tulang Bawang River (Lampung Province) based on morphometric charactes and indeks of fluctuating asimetric had been carried out during 2005 at Tulang Bawang River (Lampung Province). Diversity was estimated based on morphometric characters using coefficient variation values, which is derived from dividing the standard deviation characters by its mean, on 25 morphometric characters from 26 knife fish (*Chitala lopis*) specimens. Fluctuating asimetric indeks of knife fish (*Chitala lopis*) Tulang Bawang River were estimated using Palmer and Strobeck formula, and then see CV_{DI} as the estimate of diversity, as previously conduct T_{test} analysis to find signification character between the right and left of the body. Coefficient variation values derived on morphometric character classified four categories, $CVd^{25\%} =$ as highly uniform, $25\% < CVd^{50\%} =$ middle uniform, $25\% < CVd^{50\%} =$ middle variation, and $CVe^{75\%} =$ highly variation. Meanwhile fluctuating asimetric value employed three rate clasification, low variation ($CV_{DI}=0.1$), middle variation ($CV_{DI}=0.5$), and high variaton ($CV_{DI}=1$). Based on coefficient variation value, most of the morphometric characters were middle uniform 72% ($25\% < CVd^{50\%}$) and middle variation 28% ($50\% < CVd^{75\%}$), with means value is 47.60% classified as middle uniform. Based on indeks CV_{DI} shown 60% asimetric characters classified as variation middle and high variation ($CV_{DI}=0.5$ and $CV_{DI}=1$), 40% identified had low variation. Research confirms that knife fish (*Chitala lopis*) at Tulang Bawang river were in state of closing uniform or presumbly have low genetic variation.

KEYWORDS: diversity status, knife fish, Tulang Bawang, morphometric character, asimetric

PENDAHULUAN

Identifikasi stok ikan saat ini telah menjadi suatu bagian yang penting dalam upaya manajemen sumber daya perikanan air tawar, dalam hal ini identifikasi stok telah digunakan untuk berbagai tujuan antara lain memastikan struktur stok dari suatu populasi (Beacham *et al.*, 1985a; 1985b). Suatu stok ikan secara genetik mungkin atau tidak berbeda dari kelompok lain pada spesies yang sama. Ihssen *et al.* (1981) dan Krueger (1986) mendefinisikan stok sebagai suatu kelompok pada satu spesies, di mana individu-individu dapat secara acak melakukan kawin, pada satu kesatuan waktu dan ruang. Berkaitan dengan stok, upaya manajemen sumber daya perikanan didasarkan pada keragaman genetik, parameter populasi tertentu, dan atau karakter fisiologi dan perilaku (Ihssen *et al.*, 1981; Kruger, 1986).

Populasi ikan belida (*Chitala spp.*) di Sungai Tulang Bawang sudah jarang dan terisolasi, selain itu hampir sebagian besar sungai ini telah terjadi perubahan habitat akibat modifikasi. Kondisi yang demikian berimplikasi pada keragaman populasi ikan belida (*Chitala spp.*) sebagai hasil dari tekanan silang dalam (*inbreeding depression*), efek leher botol (*bottleneck effect*) (O'Brien *et al.*, 1983; 1985), keterbatasan aliran gen (*gene flow and genetic drift*) dan pengaruh lingkungan (Turan *et al.*, 2004). Stearns (1983) mengatakan faktor lingkungan dapat menyebabkan perubahan morfologi, reproduksi, dan survival pada ikan sebagai hasil modifikasi fisiologi dan perilaku akibat respon adaptif terhadap perubahan lingkungan (*fenotypic plasticity*).

Pengukuran keragaman suatu populasi ikan dapat didekati melalui pengamatan variasi karakter morfometrik (Turan *et al.*, 2004) dan menggunakan indeks fluktuasi asimetrik (Palmer, 1996), di mana van Valen (1962) mendefinisikan sebagai perbedaan rata-rata antara karakteristik bilateral (karakter sebelah kiri dan kanan) dalam suatu populasi. Penanda genetik mungkin tidak cukup untuk mendeteksi keberadaan variasi genetik dan hanya sebagian kecil proporsi genetik yang dianalisis (Turan *et al.*, 2004).

Penelitian ini bertujuan untuk menginformasikan status keragaman ikan belida (*Chitala spp.*) di Sungai Tulang Bawang berdasarkan pada karakter morfometrik dan indeks fluktuasi asimetrik. Diharapkan informasi ini menjadi masukan yang berharga sebagai suatu dasar untuk manajemen stok ikan belida (*Chitala spp.*) di Sungai Tulang Bawang Propinsi Lampung.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan selama tahun 2005 di Sungai Tulang Bawang Propinsi Lampung (Gambar 1). Penentuan lokasi pengambilan contoh untuk mendapatkan contoh spesimen ikan belida (*Chitala spp.*) dilakukan secara *purposive sampling*, pada daerah yang ada ikan belida (*Chitala spp.*). Ikan contoh diperoleh secara langsung di lapangan maupun melalui pedagang pengumpul. Alat tangkap yang digunakan adalah pancing, jala, dan bubu. Pada pengambilan contoh telah berhasil dikoleksi 26 spesimen untuk pengukuran morfometrik dan 9 spesimen ikan belida (*Chitala spp.*) untuk analisis fluktuasi asimetrik.



Gambar 1.
Figure 1.

Lokasi pengambilan contoh ikan belida (*Chitala spp.*) di Sungai Tulang Bawang.
Location of knife fish (*Chitala spp.*) sampling in Tulang Bawang River.

Pengukuran morfometrik spesimen dilakukan dengan menggunakan jangka sorong manual yang memiliki ketelitian sampai dengan 0,10 mm, pada 25 karakter bentuk badan mulai dari panjang standar (SL), panjang kepala (PL) sampai dengan lebar sirip punggung (DSW) (Gambar 2), di bagian sisi sebelah kiri tubuh ikan. Pengukuran morfometrik yang dilakukan didasarkan pada 1 set pengukuran yang mewakili variasi ukuran dan bentuk dan merupakan data yang berkelanjutan (Ihssen *et al.*, 1981).

Untuk mengetahui keragaman ikan belida (*Chitala* spp.) berdasarkan pada karakter ini di gunakan nilai *coefficient variation* (Allendorf *et al.*, 1987), *coefficient variation* diestimasi dengan cara membagi standar deviasi karakter dengan rata-rata (Grossman *et al.*, 1990).

Fluktuasi asimetrik sering digunakan sebagai ukuran ketidakstabilan atau ketidaksamaan perkembangan (DI), di bawah asumsi bahwa organisme memiliki mekanisme homeostatik yang mengendalikan sifat perkembangan (van Valen, 1962). Fluktuasi asimetrik spesies ikan belida (*Chitala* spp.) diestimasi menggunakan formula Palmer & Strobeck (1986):

$$FA = |R_1 - L_1| \dots\dots\dots (1)$$

di mana:

R_1 dan L_1 = sebelah kanan (R_1) dan kiri (L_1)

Sisi karakter morfologi yang dipilih dalam penelitian dilakukan penghitungan manual dibantu kaca pembesar (lengkung insang terluar, jari-jari lemah sirip dada, diameter panjang mata, dan diameter lebar mata; Gambar 3). Ke-4 karakter dipilih karena ditemukan pada sisi sebelah kiri dan kanan tubuh ikan. Seperti halnya karakter morfometrik, fluktuasi asimetrik selanjutnya dianalisis menggunakan pendekatan *coefficient variation*, namun terlebih dahulu dilakukan analisis uji t untuk mengetahui signifikansi karakter sebelah kiri dan kanan, sesuai prosedur yang dilakukan Utayopas (2001) menggunakan paket program software Statistica 6.0.

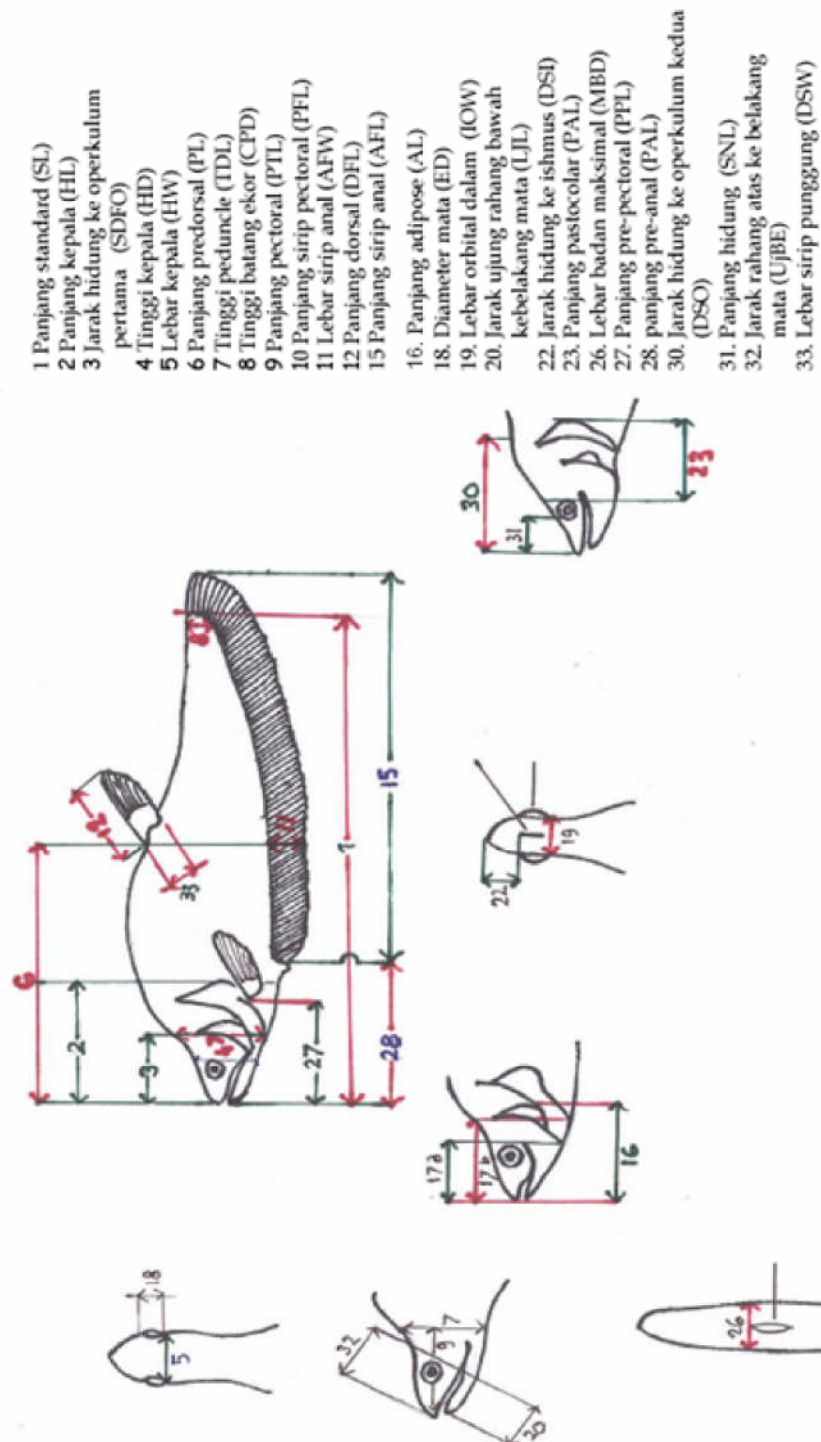
Klasifikasi nilai *coefficient variation*, digunakan indeks klasifikasi menurut Grossman *et al.* (1990), CVdH25% = sangat seragam, 25%<CVdH 50% = cukup seragam, 25%<CVdH50% = cukup bervariasi, dan CVeH75%= sangat bervariasi. Untuk nilai fluktuasi asimetrik digunakan indeks klasifikasi berdasarkan pada nilai klasifikasi oleh Fuller & Houle (2002), yang mensimulasi 3 tingkatan rata-rata standar variasi pada DI. Memiliki variasi yang rendah ($CV_{DI}=0,1$), variasi sedang ($CV_{DI}=0,5$), dan sangat bervariasi ($CV_{DI}=1$). Keuntungan menggunakan *coefficient variation* dijelaskan oleh Grossman *et al.* (1990).

HASIL DAN BAHASAN

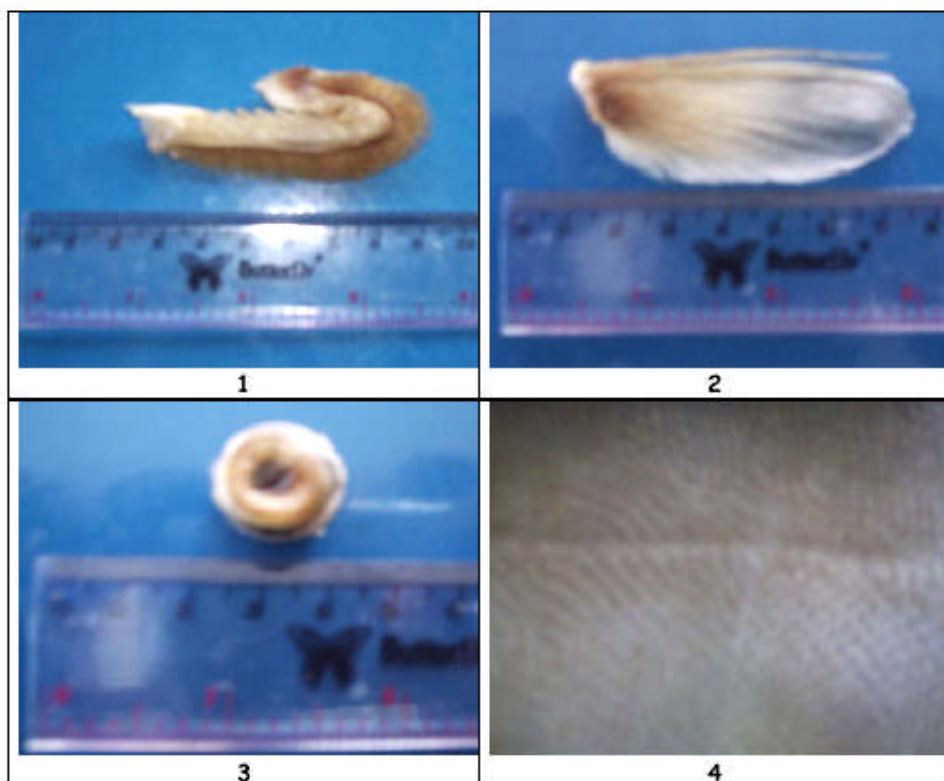
Analisis keragaman ikan belida (*Chitala* spp.) di Sungai Tulang Bawang berdasarkan pada nilai CV. memperlihatkan sebagian besar karakter morfometrik tergolong dalam kategori cukup seragam 72% (25%<CVdH50%) dan cukup bervariasi 28% (50%<CVdH75%) (Gambar 4), dengan rata-rata 47,60% tergolong cukup seragam.

Nilai fluktuasi asimetrik dari 4 karakter (morfometrik atau meristik) yang diamati, terlihat pada Tabel 1 dan indeks CV_{DI} pada Gambar 5. Walaupun secara statistik besaran nilai karakter asimetrik sebelah kanan dan kiri tidak signifikan bervariasi (Tabel 2), namun berdasarkan pada gambar, terlihat 60% karakter asimetrik tergolong variasi sedang dan sangat bervariasi ($CV_{DI}=0,5$) dan ($CV_{DI}=1$), 40% termasuk variasi yang rendah. Fuller & Houle (2002), berasumsi bahwa individual yang berkualitas tinggi memiliki nilai DI yang rendah, dan secara ketat mengendalikan perkembangan, sementara individu berkualitas rendah memiliki nilai DI yang tinggi dan lebih longgar mengatur perkembangan.

Hasil analisis karakter morfometrik dan indeks fluktuasi asimetrik mengkonfirmasi bahwa populasi ikan belida (*Chitala* spp.) di Sungai Tulang Bawang telah berada pada kondisi mendekati seragam atau memiliki variasi genetik yang rendah. Hal ini, diduga disebabkan oleh efek populasi kecil dan isolasi geografis.

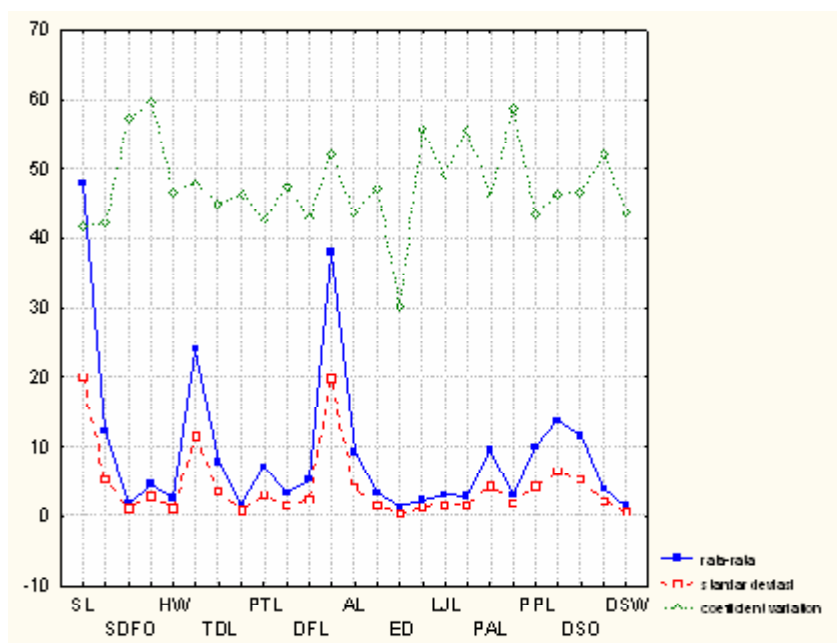


Gambar 2. Pengamatan morfometrik ikan belida (*Chitala spp.*) di Sungai Tulang Bawang.
Figure 2. Morphometric observation of knife fish (*Chitala spp.*) in Tulang Bawang River.



Keterangan/Remarks: 1. lengkung insang terluar (lengkung Insang); 2. jari-jari lemah sirip dada (JJ. Lemah sirip dada); 3. diameter mata (D. panjang dan lebar mata); 4. lineral lateralis (LL)

Gambar 3. Karakter fluktuasi asimetrik yang diamati.
Figure 3. Fluctuating asymmetries were observed.



Gambar 4. Nilai rata-rata, standar deviasi, dan *coefficient* variation karakter morfometrik populasi ikan belida (*Chitala* spp.) Sungai Tulang Bawang.
Figure 4. Mean value, standard deviation, and *coefficient* variation of the morphometrics characters knife fish population Tulang Bawang Rivers.

Mustafa (1999), mengatakan bahwa variasi genetik yang rendah terlihat pada ikan yang jarang atau dilindungi (memiliki jumlah populasi yang sedikit). Berdasarkan pada pengamatan kami di lapangan, ikan belida (*Chitala spp.*) di alam sudah sangat terbatas, berdasarkan pada catatan *enumerator* sepanjang bulan Agustus sampai dengan Desember hanya sekitar 4,3 kg ikan belida (*Chitala spp.*) yang tertangkap oleh nelayan. Ikan yang memiliki populasi

yang sedikit cenderung mengalami efek populasi *bottleneck* (turun populasi efektif) dan tekanan silang dalam (Allendorf *et al.*, 1987; Mustafa, 1999). Tekanan silang dalam yang terjadi pada populasi kecil, mengakibatkan hilang alele resesif di populasi tersebut yang menghasilkan kematian lebih cepat tapi juga suatu penurunan kesuburan atau tingkat pertumbuhan. Pada akhirnya akan terjadi kepunahan spesies (Galbusera *et al.*, 2000).

Tabel 1. Nilai fluktuasi asimetrik populasi ikan belida (*Chitala spp.*) Sungai Tulang Bawang
Table 1. Value of fluctuating asimetric Tulang Bawang Rivers knife fish (*Chitala spp.*) population

Spesimen ikan/Fish specimen	D. panjang mata/Eye length diameter	D. lebar mata/Eye width diameter	JJ. lemah sirip dada/Number of pectoral fin	Lineral lateralis/Lineral lateralis	Lengkung insang/Bend of fish gill
1	0,06	0,07	1	2	1
2	0,21	0,05	0	10	1
3	0,12	0,12	0	3	0
4	0,04	0	2	9	1
5	0,09	0,02	0	7	2
6	0,09	0,05	1	6	1
7	0,05	0,12	0	3	0
8	0,3	0,42	0	7	0
9	0,01	0,06	1	4	1
Rata-rata	0,11	0,10	0,56	5,67	0,78

Tabel 2. Nilai uji T_{test} karakter asimetrik sebelah kanan dan kiri populasi ikan belida (*Chitala spp.*) Sungai Tulang Bawang
Table 2. Value of T_{test} asimetric character for the right and left side body of Tulang Bawang Rivers knife fish (*Chitala spp.*) population

Karakter/Character	Rata-rata/Mean	Rata-rata/Mean	nilai/t _{value}	df	p	F _{ratio}	p
Diameter panjang mata	1,52	1,48	0,54	16	0,60 ^{ns}	1,04	0,96 ^{ns}
Diameter lebar mata	1,40	1,31	1,31	16	0,21 ^{ns}	1,13	0,87 ^{ns}
Jari-jari lemah sirip dada	13,44	13,56	-0,23	16	0,82 ^{ns}	1,00	1,00 ^{ns}
LL	153,55	152,11	0,13	16	0,90 ^{ns}	1,24	0,77 ^{ns}
TI	12,11	11,78	0,74	16	0,47 ^{ns}	1,95	0,36 ^{ns}

Keterangan/Remarks: ^{ns} = non signifikan

Isolasi geografis memberikan kontribusi berkurang variasi genetik. Populasi yang terisolasi cenderung mengurangi variasi genetik dan sebagai akibatnya, berpengaruh pada kemampuan untuk beradaptasi terhadap variasi lingkungan, untuk kemudian membatasi pilihan evolusi (Meffe & Carroll, 1994). Selain itu, isolasi juga menyebabkan tidak terjadi aliran gen (*gene flow*), dalam hal ini diasumsikan aliran gen dapat mempertahankan dan menambah variasi genetik suatu populasi (Turan *et al.*, 2004).

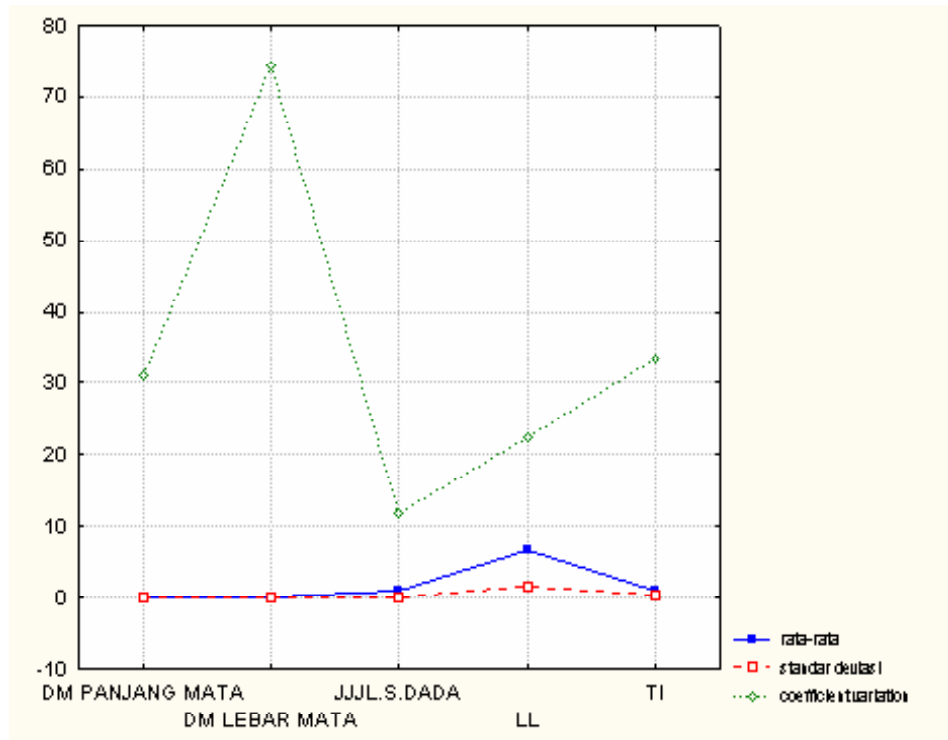
Keragaman genetik adalah dasar untuk terjadi proses fleksibilitas evolusi sebagai respon atau

tanggapan spesies terhadap perubahan lingkungan (Allendorf *et al.*, 1987; Meffe & Carroll, 1994; Mustafa, 1999; Turan *et al.*, 2004;). Populasi dengan variasi genetik yang rendah (seragam) diperlihatkan antara lain oleh level *endogamy* (abnormalitas) yang tinggi pada umumnya memperlihatkan *fitness* yang tertekan, khususnya berkaitan dengan faktor kesuburan, pertumbuhan, dan *survival* (Leberg, 1990), tingkat yang rendah dari faktor-faktor ini akan merusak kemampuan suatu populasi untuk beradaptasi terhadap perubahan lingkungan. Sebagai contoh Cheetah Afrika *Acinomyx jubatus jubatus* memiliki *allozyme loci* yang tidak umum sebagai hasil

dari tekanan silang dalam dan efek *bottleneck* yang parah (O'Brien *et al.*, 1983; 1985). Selain itu, teridentifikasi tingkat kesuburan yang rendah sebagai akibat ketidaknormalan morfologi (71%) (O'Brien *et al.*, 1985).

Berdasarkan pada hal tersebut kemampuan bertahan hidup populasi ikan belida (*Chitala spp.*) di Sungai Tulang Bawang dengan variasi mendekati

seragam seperti mengkhawatirkan, terlebih dengan ada modifikasi dan perubahan lingkungan di sungai tersebut. Namun demikian, perlu digarisbawahi bahwa aplikasi teknik genetik yang lebih baik (Shaw *et al.*, 1999) atau penggunaan sejumlah *polymorphic loci* (Hauser *et al.*, 2001) akan sangat bermanfaat untuk mendukung identifikasi keragaman genetik dalam menentukan prioritas konservasi tingkat spesies pada populasi khusus.



Gambar 5. Nilai rata-rata, standar deviasi, dan *coefficient variation* karakter asimetrik populasi ikan belida (*Chitala spp.*) Sungai Tulang Bawang.

Figure 5. Mean value, standart deviation, and coefficient variation of the asimetric knife fish (*Chitala spp.*) population Tulang Bawang River.

KESIMPULAN

1. Analisis keragaman ikan belida (*Chitala spp.*) di Sungai Tulang Bawang berdasarkan pada nilai C. V. memperlihatkan sebagian besar karakter morfometrik tergolong dalam kategori cukup seragam 72% ($25\% < CV_d < 50\%$) dan cukup bervariasi 28% ($50\% < CV_d < 75\%$), dengan rata-rata 47,60% tergolong cukup seragam. Berdasarkan pada indeks CV_{D1} terlihat 60% karakter asimetrik tergolong variasi sedang dan sangat bervariasi ($CV_{D1}=0,5$) dan $CV_{D1}=1$), 40% termasuk variasi yang rendah.

2. Hasil analisis karakter morfometrik dan indeks fluktuasi asimetrik mengkonfirmasi bahwa populasi ikan belida (*Chitala spp.*) di Sungai Tulang Bawang telah berada pada kondisi mendekati seragam atau memiliki variasi genetik yang rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada mbak Eti, Krisna Kumari, Syamsul Bahri, Ahmad Syahyani, dan pihak-pihak lain yang telah membantu kegiatan penelitian.

PERSANTUNAN

Kegiatan dari hasil riset karakteristik habitat dan keragaman jenis ikan belida (*Chitala spp.*) di perairan umum Indonesia. T. A. 2005, di Balai Riset Perikanan Perairan Umum-Mariana, Palembang.

DAFTAR PUSTAKA

- Allendorf, F. W., N. Ryman, & M. Utter. 1987. Genetic and fishery management: Past, present, and future. *In* Population genetic and fishery management. Ed. Ryman & Utter. University of Washington. 1-18 pp.
- Beacham, T. D., R. E. Withler, & A. P. Gould. 1985a. Biochemical genetic stock identification of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in Southern British Columbia and Puget Sound. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 42. p. 1474-1483.
- Beacham, T. D., R. E. Withler, & A. P. Gould. 1985b. Biochemical genetic stock identification of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in southern British Columbia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 42. p. 437-448.
- Fuller, R. C & D. Houle. 2002. Detecting genetic variation in developmental instability by artificial selection on fluctuating asymmetry. *Journal Evolution Biology*. 15. p. 954-960.
- Galbusera P., L. Lens., T. Schenck, E. Waiyaki, & Matthysen. 2000. Genetic variability and gene flow in the globally, critically endangered Taita thrush. *Conservation Genetics*. 1. p. 45-55.
- Grossman, G. D., P. B. Moyle, & J. O. Whitaker. 1982. Stochasticity in structural and functional characteristics of an Indiana stream fish assemblage: A test of community theory. *Am. Nat.* 120. p. 423-453.
- Grossman G. D., P. B. Moyle, & J. O. Whitaker. 1990. Stochasticity in structural and functional characteristics of an Indiana stream fish assemblage: A test of community theory. *Am. Nat.* 120. p. 423-453.
- Hauser, L., C. Turan, & G. R. Carvalho. 2001. Haplotype frequency distribution and discriminatory power of two mtDNA fragments in a marine pelagic teleost (Atlantic herring, *Clupea harengus*). *Heredity*. 87. p.1-10.
- Ihssen, P. E., H. E. Booke, J. M. Casselman, J. M. Mc Glade, N. R. Payne, & F. M. Utter. 1981. Stock identification: Materials and methods. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Science*. 38. p. 1838-1855.
- Krueger, C. C. 1986. Incorporation of the stock concept into fisheries management. Paper presented at the Symposium Fisheries Genetics: Today and Tomorrow, 1986 *Annual Meeting of the American Fisheries Society*. Providence. RI.
- Leberg, P. L. 1990. Influence of genetic variability on population growth: Implications for conservation. *Journal Fisheries Biology*. 37. p. 193-195.
- Meffe, G. K. & R. Carroll. 1994. Genetics: Conservation of diversity within species. *In* Sinauer Associates (ed). Principles of Conservation Biology. Sunderland. M. A.. p. 143-178.
- Mustafa, S. 1999. *Genetic in sustainable fisheries management*. Fishing Newsbooks. London. 223 pp.
- O'Brien, S. J., D. Goldman, C. R. Merrill, M. Bush, & D. E. Wildt. 1983. The cheetah is depauperate in biochemical genetic variation. *Science*. 221. p. 459-462.
- O'Brien, S. J., M. E. Roelke, L. Marker, A. Newman, C. A Winkler, D. Meltzer, L. Colly, J. F. Evermann, M. Bush, & D. E. Wildt. 1985 A genetic basis for species vulnerability in the cheetah. *Science*. 227. p. 1428-1434.
- Palmer, A. R. 1996. Waltzing with asymmetry. Is fluctuating asymmetry a powerful new tool of biologist or just an alluring new dance step? *Biology Science*. 46. p. 518-532.
- Palmer, A. R. & C. Strobeck. 1986. Fluctuating asymmetry: Measurement, analysis, and patterns. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 17. p. 75-86.
- Stearns, S. C. 1983. A natural experiment in life history evolution: Field data on the introduction of Mosquitofish (*Gambusia affinis*) to Hawaii. *Evolution*. 37. p. 601-617.
- Shaw, P., C. Turan, J. Wrigth, M. O'connell, & G. R. Carvalho. 1999. Microsatellite DNA analysis of population structure in Atlantic herring (*Clupea harengus*), with direct comparison to allozyme and mtDNA RFLP analyses. *Heredity*. 83. p. 490-499.